نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۴۱۱-۳۹۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 399-411
ISSN: 2008 - 4730

مقاله پژوهشی

کاربرد برگی اسید هیومیک روی انباشت مواد مغذی در برگ و میوه‌ی توت‌فرنگی رقم 'سلوا' تحت بسترهای کشت مختلف

بهزاد کاویانی[1]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۸

چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده از اسید هیومیک برای ارتقای ویژگی‌های رویشی و زایشی گیاهان زراعی و باغی عمومی شده است. یک آزمایش گلدانی برای بررسی اثر کاربرد برگی اسید هیومیک و بسترهای کشت مختلف روی جذب و انباشت مواد مغذی در برگ و میوه‌ی توت‌فرنگی رقم 'سلوا' (*Fragaria* ×*ananassa* Duch. cv. 'Selva') انجام شد. غلظت‌های مختلف اسید هیومیک (صفر، ۳۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به‌صورت اسپری برگی در دو زمان (اواخر فروردین و اواخر اردیبهشت) روی توت‌فرنگی کاشته‌شده در بسترهای مختلف (خاک معمولی حاوی خاک باغچه، کود گاوی خشک‌شده و ماسه بادی به‌نسبت مساوی و مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج، پرلیت و ضایعات چای) به‌کار گرفته شدند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم (۵۱۸ میلی‌گرم بر لیتر) و فسفر (۴/۸۴ میلی‌گرم بر لیتر) میوه در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک کاشته‌شده در بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج به‌دست آمد. بیشترین مقدار پتاسیم برگ (۴۸/۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) در گیاهان تیمارشده با ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک کاشته‌شده در بستر مخلوط خاک معمولی و بیشترین مقدار فسفر برگ (۶/۳۲ میلی‌گرم بر لیتر) در بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج به‌دست آمد. بیشترین مقدار ازت (۵/۳۵ درصد) میوه در گیاهان کاشته‌شده در بستر مخلوط خاک معمولی همراه با ضایعات چای بدون کاربرد برگی اسید هیومیک به‌دست آمد. گیاهان رشدیافته در این بستر کشت همراه با تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بیشترین مقدار ازت برگ (۵/۴۷ درصد) را داشتند. از آنجایی که مهم‌ترین عناصر برای افزایش کیفیت میوه‌ی توت‌فرنگی به‌ترتیب پتاسیم، فسفر و ازت است، استفاده از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک کاشته‌شده در بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: توت‌فرنگی، جذب مواد مغذی، کیفیت میوه، محصولات گلخانه‌ای

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria* ×*ananassa* Duch.) از خانواده‌ی گل‌سرخیان (Rosaceae) یک گونه‌ی دورگ از جنس *Fragaria* است که به‌طور وسیع در سراسر جهان برای استفاده از میوه‌ی آن کشت می‌شود. این میوه از میوه‌های ریز با ارزش اقتصادی بالا است که حاوی ترکیب‌های شیمیایی مفید از جمله انواع آنتی‌اکسیدانت‌ها، ویتامین‌ها و عناصر معدنی ضروری برای سلامتی و تغذیه انسان می‌باشد (۱۰ و ۳۳).

کودهای شیمیایی به‌عنوان راهی برای افزایش بازدهی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما مشکلاتی همانند تجمع نیترات، عمر گلدانی و کیفیت پایین و آلودگی محیط را به‌دنبال دارد. بنابراین، کودهای آلی به‌عنوان جایگزین‌ها و یا مکمل‌های مناسب، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یکی از این مکمل‌های مهم، اسید هیومیک است. اسید هیومیک یک بخش عمده از ترکیبات هیومیکی است که از تجزیه‌ی زیستی مواد آلی حاوی کربوکسیل و فنولیک به‌دست می‌آید. در ساختار ملکولی یک اسید هیومیک، حلقه‌های آروماتیک ۶ کربنه‌ی پایه‌ی فنول‌های ۲- یا ۳-هیدروکسیل متصل‌شده توسط -O-، -NH-، -N-، -S- وجود دارد و شامل گروه OH- و کینون (-O-C6H4-O-) است. اسید هیومیک یک ترکیب آلی حلقوی با وزن ملکولی زیاد، زنجیره‌ی طویل و گروه هیدروکسیل و فنولیک فعال (آمفوتریک) است که در pHهای خاص به آنیون‌ها و کاتیون‌ها متصل

۱- دانشیار، گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت
(*- نویسنده مسئول: Email: kaviani@iaurasht.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhs.2021.61928.0

می‌شود (۳۶). اسید هیومیک با داشتن خصوصیاتی از جمله فراهم‌آوردن عناصر ضروری قابل‌دسترس‌تر به‌ویژه عناصر کم‌مصرف مانند آهن و افزایش مقاومت گیاه به انواع تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌تواند تولید کمی و کیفی را اصلاح کند (۴۳). در حضور اسید هیومیک، فعالیت و تراکم میکروارگانیزم‌های مفید افزایش می‌یابد. ظرفیت کلات‌کنندگی این اسید و اثر آن روی غشای پلاسمایی می‌تواند جذب عناصر به درون سلول را افزایش دهد (۱۲ و ۴۲). اسید هیومیک با کلات‌کردن مواد مغذی گیاهی مانند سدیم، پتاسیم، آهن، کلسیم، منیزیم، روی، مس و منگنز از نشت آنها جلوگیری می‌کند و مقدار جذب و انباشت آنها را توسط ریشه افزایش می‌دهد (۶، ۱۵، ۲۴ و ۲۸). یکی از مهم‌ترین عملکردهای اسید هیومیک، نگهداری آب در خاک و کاهش نوسانات دمایی است (۶). اسید هیومیک یک ناقل و فعال‌کننده‌ی کود برگی ممتاز است که باعث افزایش ساخت هیدرات‌های کربن می‌شود (۶ و ۴۲). از نقش‌های دیگر این اسید آلی می‌توان به تغییر در سوخت و ساز اولیه و ثانویه‌ی گیاه، افزایش ریشه‌دهی، تبادل و توازن کاتیونی خاک و کاهش pH خاک‌های قلیایی، اشاره کرد (۷، ۲۳، ۲۸ و ۳۰). این اسید به‌عنوان یک کاتالیست در تحریک فعالیت میکروارگانیزم‌های خاک عمل می‌کند (۲۸). اسید هیومیک منبع غنی پتاسیم، فسفر و ازت است (۲۹). این اسید آلی دو نقش کلی؛ نقش مستقیم به‌عنوان یک هورمون در گیاه و نقش غیرمستقیم مانند اثر روی میکروارگانیزم‌ها، اثر روی دینامیک جذب عناصر خاک، اثر روی شرایط فیزیکی و شیمیایی بسترهای کشت از طریق اثر مثبت روی جوانه‌زنی بذر، رشد دانه‌رست، رشد ریشه و نمو سرشاخه دارد (۲۸).

اسید هیومیک یکی از اجزای اصلی مواد هیومیک است و از عصاره‌گیری مواد آلی خاک به‌دست می‌آید (۴۳). ترکیب‌های هیومیک خاک به سه گروه؛ اسیدهای هیومیک، اسیدهای فولویک و هیومین تقسیم می‌شوند. اسید هیومیک به دلیل عدم آسیب به محیط زیست و اصلاح کیفیت و حاصلخیزی برخی خاک‌ها، در کشاورزی ارگانیک به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴۳ و ۲۵). روش کاربرد اسید هیومیک نقش مؤثری در ارتقای ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان دارد. برخی پژوهش‌ها اثر مثبت اسید هیومیک روی رشد و بازدهی محصول در توت‌فرنگی را نشان داده‌اند (۱، ۱۵، ۱۹، ۳۴، ۳۵ و ۴۱).

ترکیب برخی بسترهای کشت مانند پرلیت، کمپوست‌ها و کودها مانند ضایعات کشاورزی (از جمله شلتوک برنج و بقایای چای) به بسترهای کشت خاکی، نقش مؤثری در ارتقای کمیت و کیفیت گیاهان دارند (۳۵). برخی از این بسترها مانند کمپوست‌ها به‌دلیل سبک و ارزان‌بودن و تجزیه‌ی آسان‌تر توسط موجودات میکروبی، سال‌هاست که در صنعت باغبانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ترکیب‌ها، ساختار مناسب با زهکشی و هوادهی خوب دارند. بنابراین، جستجو برای یافتن ترکیب‌های بومی ارزان‌تر به‌عنوان ترکیب‌های جایگزین برای بسترهای کشت گران‌قیمت و با کیفیت پایین، حائز اهمیت است. اثر مثبت این ضایعات کشاورزی روی افزایش رشد و بازدهی توت‌فرنگی گزارش شده است (۲، ۴، ۱۱، ۲۷ و ۳۸).

در حال حاضر، یکی از پرکاربردترین استفاده از ضایعات چای، به‌کار رفتن آن به‌عنوان کود گیاهی است که می‌تواند جایگزین کودهای تجاری شود. یکی از مهم‌ترین مزیت‌های کاربرد ضایعات کشاورزی به‌صورت کمپوست‌شده، تقویت و اصلاح خاک است. از این ضایعات به‌صورت خالص یا در ترکیب با سایر مواد آلی (مانند سبوس برنج) و یا معدنی (مانند پرلیت) استفاده می‌شود (۳۵). کمپوست ضایعات چای ظرفیت نگهداری آب بالایی دارد. کود مناسب برای رشد و نمو بهینه‌ی توت‌فرنگی کودی است که حاوی ازت، فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، آهن، بر، مس، گوگرد، مولیبدن، منگنز، اسیدهای آمینه و اسیدهای هیومیک باشد. بنابراین، انتخاب شرایط مناسب تغذیه‌ای مانند کودها و بسترهای مناسب کشت برای دستیابی به افزایش عملکرد کمی و کیفی در توت‌فرنگی امری اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، بررسی کاربرد برگی غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و بسترهای کشت مختلف روی جذب و تجمع برخی عناصر ضروری در برگ و میوه‌ی توت‌فرنگی بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط آزمایش

نشاهای یک‌اندازه و یک‌شکل توت‌فرنگی روز خنثی، رقم 'سلوا' (*Fragaria ×ananassa* Duch. cv. 'Selva') با قطر تقریبی ۱۰ میلی‌متر حاوی ۳ تا ۵ برگ کامل در اواخر آبان ماه از گلخانه‌ای واقع در شهرستان رشت (۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ۷ متر ارتفاع از سطح دریا) خریداری شدند و در گلدان‌های (با اندازه ۱۹) حاوی خاک مخصوص توت‌فرنگی (خریداری‌شده از همان گلخانه) کشت گردیدند. گلدان‌ها در فضای آزاد نگهداری گردیدند. آبیاری در ماه‌های سرد به‌دلیل عدم دفع زیاد آب از گیاه به‌صورت تعرق و از خاک به‌صورت تبخیر، هر ۴ روز یک‌بار با آب‌پاش دستی و به‌طور کامل انجام شد. برای جلوگیری از آسیب سرما و یخبندان روی نشاهای کاشته‌شده در گلدان، پلاستیک کشیده شد. بعد از سپری شدن سرما، تعداد آبیاری به روزی یک‌بار افزایش یافت و با گرم‌تر شدن هوا روکش‌های پلاستیکی برداشته شدند. به‌دلیل کم‌عمق‌بودن ریشه‌ها، بسترهای کشت همواره مرطوب نگهداشته شدند. آب آبیاری، آب شهری با مقدار کلسیم بالا بود. آبیاری با محلول‌پاش دستی و در غروب انجام شد.

تیمارها

غلظت‌های مختلف اسید هیومیک (صفر، ۳۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) با نشان هیومیک پلاس (لئوناردیت فرآوری‌شده) به‌صورت اسپری برگی با محلول‌پاش دستی در دو زمان (اواخر فروردین و اواخر اردیبهشت) روی گیاهچه‌های توت‌فرنگی کاشته‌شده در بسترهای مختلف (خاک معمولی و مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج، پرلیت و ضایعات چای) به‌کار گرفته شدند. مواد تشکیل‌دهنده هیومیک پلاس عبارت است از: اسید هیومیک (۶۰ درصد)، اسید فولویک (۱۰ درصد)، پتاس کل (۱۰ درصد)، اسید آمینه آزاد (۱ درصد)، عصاره جلبک دریایی (۲ درصد) و آهن محلول (۰/۲ درصد). این محصول فاقد کلر و عناصر سنگین است. از آنجایی که این رقم در اوایل بهار از خواب بیدار می‌شود، بنابراین، در اواخر فروردین که رشد خود را آغاز کرده است و در اواخر اردیبهشت که در حال رشد و نمو فعال است، تیمار اسید هیومیک به‌کار برده شد. اسید هیومیک منبع غنی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم است. این اسید آلی دارای تعداد زیادی حلقه‌ی معطر است که با زنجیرهای آلیفاتیک به‌هم متصل شده‌اند. قطر ذرات محلول‌پاشی درشت بود و محلول‌پاشی در غروب انجام شد، بنابراین، مقداری از اسید هیومیک وارد خاک گردید. ترکیب بسترهای کشت عبارت بودند از: ترکیب بستر اول (مخلوط خاک معمولی + کود حیوانی (گاوی) + ماسه به نسبت مساوی)، ترکیب بستر دوم (۵۰ درصد ترکیب بستر اول + ۵۰ درصد سبوس برنج)، ترکیب بستر سوم (۵۰ درصد ترکیب بستر اول + ۵۰ درصد پرلیت) و ترکیب بستر چهارم (۵۰ درصد ترکیب بستر اول + ۵۰ درصد ضایعات چای). بنابراین فاکتورهای آزمایش؛ غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و بسترهای مختلف کشت بودند. آزمایش دارای ۱۶ تیمار بود و برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد. فواصل بین گلدان‌ها، ۲۰ سانتی‌متر در ۲۰ سانتی‌متر بود. برای کنترل و مبارزه با علف‌های هرز درون گلدان‌ها، آنها با روش وجین دستی از گلدان‌ها خارج شدند. این عمل هر یک روز در میان انجام گرفت.

صفات اندازه‌گیری شده

ازت، فسفر و پتاسیم خاک، اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) خاک، ازت، فسفر و پتاسیم برگ و ازت، فسفر و پتاسیم میوه اندازه‌گیری شدند. برای عصاره‌گیری خاک به‌منظور اندازه‌گیری عناصر فسفر و پتاسیم، از محلول بیکربنات آمونیوم و DTPA استفاده شد (۱۳). نمونه‌ی خاک پس از اضافه‌کردن محلول عصاره‌گیری به آن به‌مدت ۱۵ دقیقه با شیکر رفت و برگشتی مدل GFL 3015 به‌هم زده شد و سپس با کاغذ صافی شماره‌ی ۴۲ واتمن صاف گردید. فسفر خاک پس از اضافه‌کردن معرف‌های لازم، به روش اسپکتروفتومتری (طیف‌سنجی) با اسپکتروفتومتر مدل PERKIN ELMAR LAMBDA 25 در طول موج ۸۸۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. مقدار پتاسیم خاک به‌روش فلیم‌فتومتری با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر مدل JENWAY اندازه‌گیری شد (۱۳) و پس از رسم منحنی استاندارد، پتاسیم خاک اندازه‌گیری گردید. ازت خاک به‌روش کجلدال اندازه‌گیری شد (۱۳). یک گرم خاک با قرص کاتالیزور هضم در مجاورت اسید سولفوریک غلیظ و در داخل بالن هضم حرارت داده شد (مرحله هضم). پس از تقطیر نمونه‌ی هضم‌شده، محلول حاصل در مجاورت معرف متیل‌رد توسط اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال، تیتراسیون و مقدار ازت خاک از فرمول زیر محاسبه گردید (۱۳).

$$\text{ازت(درصد)} = \frac{a-b}{S.M.1.4}$$

که در آن؛ a: اسید سولفوریک مصرفی برای نمونه، b: اسید سولفوریک مصرفی برای شاهد، S: وزن خاک خشک‌شده در هوای آزاد و M: نرمالیته‌ی اسید سولفوریک هستند.

برای اندازه‌گیری مقدار ازت، فسفر و پتاسیم نمونه‌های گیاهی، از روش هضم تر در مخلوط اسیدها استفاده شد (۱۴). به این منظور، نمونه‌های گیاهی در مخلوط اسید سولفوریک و اسید سالیسیلیک هضم شدند. برای حذف ماده‌ی آلی نیز از آب‌اکسیژنه و حرارت‌دادن استفاده شد. نمونه‌ها بعد از هضم، به حجم رسانده شدند و توسط کاغذ صافی شماره‌ی ۴۲ واتمن صاف گردیدند. ازت به روش کجلدال (۱۴)، فسفر به روش اسپکتروفتومتری (۱۴) و پتاسیم به روش فلیم‌فتومتری (۱۴) اندازه‌گیری شدند.

طرح آزمایش و تجزیه‌ی داده‌ها

آزمایش با دو فاکتور؛ شامل غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و ۴ نوع بستر کشت به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل یک گلدان و هر گلدان محتوی یک گیاه توت‌فرنگی بود. در مجموع، ۶۴ گلدان مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه‌ی داده‌ها به‌کمک نرم‌افزار SAS (شماره‌ی ۹/۴) و مقایسه‌ی میانگین‌ها با روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

اثر تیمار اسید هیومیک و بستر کشت روی عناصر، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک

کاربرد اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) مقدار ازت و فسفر، همچنین pH و EC خاک را تحت تأثیر قرار داد. اسید هیومیک اثر معنی‌داری روی پتاسیم خاک نداشت (جدول ۱). جدول تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که فسفر، pH و EC تحت تأثیر بسترهای کشت قرار گرفتند ($p \leq 0.01$). نتایج ارائه‌شده در جدول ۱ نشان داد که برهمکنش اسید هیومیک و بسترهای کشت روی مقدار ازت و فسفر، همچنین pH و EC خاک در سطح یک درصد ($p \leq 0.01$)

معنی‌دار بود.

در ارتباط با اثر اصلی اسید هیومیک، استفاده از غلظت ۱۰۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک؛ مقدار ازت خاک (۳/۷۱ و ۳/۶۱ درصد) را نسبت به استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و شاهد بیشتر افزایش داد (جدول ۲). بیشترین مقدار فسفر (۳۵/۷۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم خاک) در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک به‌دست آمد. این مقدار حدود ۲ برابر سایر تیمارها بود. بیشترین (۵/۱۴) و کمترین (۴/۳۵) pH خاک، به ترتیب مربوط به خاک تیمارشده با ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و شاهد بود. EC شاهد (۳/۹۴ دسی‌زیمنس بر متر)، بیشترین EC بود. در بقیه تیمارها، EC حدود ۲ بود (جدول ۲).

مقایسه‌ی میانگین اثر اصلی بستر کشت روی صفت‌های اندازه‌گیری‌شده‌ی خاک (جدول ۳) نشان داد که بیشترین مقدار فسفر (۲۶/۷۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم خاک) و EC (۳/۶۳ دسی‌زیمنس بر متر) در بستر کشت ضایعات چای به‌دست آمد. pH بستر کشت خاک معمولی و پرلیت به‌ترتیب برابر با ۵/۴۱ و ۴/۲۱ بود (جدول ۲).

نتایج مقایسه‌ی میانگین برهمکنش اسید هیومیک و بسترهای کشت (جدول ۴) روی عناصر خاک نشان داد که بیشترین مقدار ازت (۴/۴۷ درصد)، در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بستر کشت مخلوط خاک معمولی و سبوس برنج به‌دست آمد. بیشترین مقدار فسفر (۴۴/۷۰ میلی‌گرم بر لیتر)، در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بستر کشت مخلوط خاک معمولی و ضایعات چای به‌دست آمد. کمترین فسفر (حدود ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر)، در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک در تمام بسترهای کشت محاسبه گردید. بیشترین مقدار پتاسیم (۳۳۴ میلی‌گرم بر لیتر)، در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بستر کشت مخلوط خاک معمولی و ضایعات چای و کمترین آن (۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، در همین بستر و بدون اسید هیومیک به‌دست آمدند. بستر مخلوط خاک معمولی همراه با ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک، دارای بالاترین pH (به ترتیب ۶/۴۴ و ۶/۴۰) بود. کمترین pH (حدود ۴) در تمام بسترها، بدون حضور اسید هیومیک اندازه‌گیری شد. به نظر می‌رسد با مصرف اسید هیومیک، جذب آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول خاک تغییر می‌یابد و عناصر مؤثر در تغییر pH مانند کلسیم در خاک موجب تغییر در pH خاک می‌شود. بالاترین EC (۶/۸۳ دسی‌زیمنس بر متر) در بستر کشت مخلوط خاک معمولی و سبوس برنج بدون اسید هیومیک به‌دست آمد. از طرف دیگر، پایین‌ترین EC (۱/۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) در بستر کشت مخلوط خاک معمولی همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک به‌دست آمد (جدول ۴).

اثر تیمار اسید هیومیک و بستر کشت روی مقدار عناصر در برگ و میوه

اثر اسید هیومیک روی مقدار ازت، فسفر و پتاسیم برگ و میوه در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۱). بستر کشت روی مقدار ازت و فسفر برگ و میوه اثر معنی‌داری داشت اما روی مقدار پتاسیم برگ و میوه معنی‌دار نشد. نتایج ارائه‌شده در جدول ۱ نشان داد که برهمکنش اسید هیومیک و بسترهای کشت روی مقدار ازت و فسفر برگ و میوه در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) و روی پتاسیم میوه در سطح احتمال ۵ درصد ($p \leq 0.05$) معنی‌دار بود. برهمکنش این دو فاکتور روی پتاسیم برگ معنی‌دار نبود (جدول ۱).

مقایسه‌ی میانگین اثر ساده‌ی غلظت‌های مختلف اسید هیومیک روی مقدار عناصر برگ و میوه نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم (۱۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) و فسفر (۴/۸۰ میلی‌گرم بر لیتر) میوه در گیاهان تیمارشده با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. مقدار فسفر در سایر تیمارها حدود ۳ میلی‌گرم بر لیتر بود (جدول ۲). بیشترین مقدار ازت برگ (۴/۲۴ درصد)، در گیاهان تیمارشده با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بیشترین مقدار پتاسیم برگ (۴۶/۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) در گیاهان تیمارشده با غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک مشاهده شد. مقدار پتاسیم در برگ گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک (۴۱/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر) نیز بالا بود. کمترین مقدار پتاسیم (حدود ۲۷ میلی‌گرم بر لیتر) در برگ گیاهان شاهد و گیاهان تیمارشده با ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک مشاهده گردید. بیشترین مقدار فسفر برگ (۵/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر) و ازت میوه (۵/۰۰ درصد) در گیاهان شاهد به‌دست آمد (جدول ۲). مقدار ازت میوه در سایر تیمارها حدود ۴ درصد بود. کمترین فسفر برگ (۲/۳۸ میلی‌گرم بر لیتر) از برگ گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک استخراج گردید (جدول ۲).

جدول ۳ نشان داد که بیشترین مقدار ازت برگ (۴/۴۱ درصد)، در بستر ضایعات چای، بیشترین مقدار فسفر برگ (۴/۵۶ میلی‌گرم بر لیتر)، در بستر خاک معمولی، بیشترین مقدار ازت میوه (۴/۹۵ درصد) در بستر ضایعات چای و بیشترین مقدار پتاسیم میوه (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، در بستر سبوس برنج به‌دست آمد. بین مقادیر فسفر میوه در تیمارهای مختلف بستر کشت، تفاوت قابل‌توجهی مشاهده نشد. کمترین پتاسیم میوه (۹۱/۱۰ میلی‌گرم بر لیتر)، در بستر پرلیت به‌دست آمد. مقدار انباشت پتاسیم (۱۹۲ میلی‌گرم بر لیتر) در میوه‌ی گیاهان رشدیافته در بستر ضایعات چای نیز بالا بود (جدول ۳). تفاوت معنی‌داری بین این دو بستر کشت در ارتباط با مقدار انباشت پتاسیم وجود ندارد. مقدار ازت برگ در بسترهای دیگر غیر از بستر ضایعات چای، حدود ۳ میلی‌گرم بر لیتر بود. کمترین میزان ازت میوه، در گیاهان رشدیافته در بستر خاک معمولی به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و نوع بستر کشت بر غلظت عناصر در خاک، برگ و میوه توت‌فرنگی رقم 'سلوا'

Table 1– ANOVA for the effect of different concentrations of humic acid and types of culture beds on concentration of elements in soil, leaf and fruit of strawberry cv. 'Selva'

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	پتاسیم میوه Fruit potassium	فسفر میوه Fruit phosphorus	ازت میوه Fruit nitrogen	پتاسیم برگ Leaf potassium	فسفر برگ Leaf phosphorus	ازت برگ Leaf nitrogen	هدایت الکتریکی خاک Soil EC	اسیدیته خاک Soil pH	پتاسیم خاک Soil potassium	فسفر خاک Soil phosphorus	ازت خاک Soil nitrogen
اسید هیومیک Humic acid	3	123443**	46380**	14.49**	747**	108269**	1.545**	13.81**	13.68**	2860ns	637**	1.388**
بستر کشت Culture bed	3	21176ns	1924**	23.93**	21.79ns	32341**	2.450**	1.621**	7.35**	866ns	35.6**	0.021ns
اسید هیومیک × بستر کشت Humic acid × culture bed	9	20677*	2221**	5.095**	28.45ns	12754**	1.560**	2.56**	0.903**	4306ns	35.3**	0.621**
خطا Error	48	7890.18	123.28	1.085	11.514	1021.17	0.041	0.013	0.028	3515.4	0.028	0.052
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	27.52	3.024	22.34	9.54	8.48	5.51	3.73	3.88	30.18	0.70	6.90

** و *: به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد؛ ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

** and * Significant at 1% and 5% of probability levels, respectively, ns Non-significant.

جدول ۳- اثر بسترهای کشت بر غلظت عناصر در خاک، برگ و میوه توت‌فرنگی رقم 'سلوا'

Table 3– The effect of culture beds on concentration of elements in soil, leaf and fruit of strawberry cv. 'Selva'

بستر کشت Cultivation bed	پتاسیم میوه Fruit potassium ($mg.l^{-1}$)	فسفر میوه Fruit phosphorus ($mg.l^{-1}$)	ازت میوه Fruit nitrogen (%)	پتاسیم برگ Leaf potassium ($mg.l^{-1}$)	فسفر برگ Leaf phosphorus ($mg.l^{-1}$)	ازت برگ Leaf nitrogen (%)	هدایت الکتریکی خاک Soil EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته خاک Soil pH	پتاسیم خاک Soil potassium ($mg.100\ g^{-1}$ soil)	فسفر خاک Soil phosphorus ($mg.100\ g^{-1}$ soil)	ازت خاک Soil nitrogen (%)
پرلیت Perlite	91.10b	3.70a	3.00a	35.73a	3.98b	3.72b	2.59c	4.21d	185.00a	22.76c	3.30a
سبوس برنج Rice bran	200.00a	3.80a	4.09b	34.35a	3.31c	3.12d	2.83b	4.69b	198.00a	23.37b	3.25a
خاک معمولی Usual soil	134.00ab	3.44b	2.53c	34.28a	4.56a	3.42c	2.90b	5.41a	192.00a	21.90d	3.32a
ضایعات چای Tea wastes	192.00a	3.73a	4.95a	37.81a	3.19c	4.41a	3.63a	4.88c	209.00a	26.72a	3.37a

حروف مشترک در هر ستون، عدم وود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD را نشان می‌دهد.

In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% at probably level based on LSD test.

جدول ۲- اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر غلظت عناصر در خاک، برگ و میوه توت‌فرنگی رقم 'سلوا'

Table 2– The effect of different concentrations of humic acid on concentration of elements in soil, leaf and fruit of strawberry cv. 'Selva'

اسید هیومیک Humic acid ($g.l^{-1}$)	پتاسیم میوه Fruit potassium ($mg.l^{-1}$)	فسفر میوه Fruit phosphorus ($mg.l^{-1}$)	ازت میوه Fruit nitrogen (%)	پتاسیم برگ Leaf potassium ($mg.l^{-1}$)	فسفر برگ Leaf phosphorus ($mg.l^{-1}$)	ازت برگ Leaf nitrogen (%)	هدایت الکتریکی خاک Soil EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته خاک Soil pH	پتاسیم خاک Soil potassium ($mg.100\ g^{-1}$ soil)	فسفر خاک Soil phosphorus ($mg.100\ g^{-1}$ soil)	ازت خاک Soil nitrogen (%)
0	90.64b	3.42b	5.00a	26.56c	5.02a	3.30c	3.94a	4.35c	190.00a	24.31b	3.08b
300	86.25b	3.26c	4.02b	28.20c	4.35b	4.24a	2.20c	5.14a	183.00a	14.79d	2.84c
600	100.00b	3.19c	3.54b	46.20a	3.29c	3.78b	2.20c	4.94b	224.00a	19.92c	3.61a
1000	140.00a	4.80a	4.47b	41.21b	2.38d	3.34c	2.63b	4.97b	186.00a	35.74a	3.71a

حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD را نشان می‌دهد.

In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% of probably level based on LSD test.

جدول ٤- اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و بسترهای کشت بر غلظت عناصر در خاک، برگ و میوه توت‌فرنگی رقم 'سلوا'

Table 4– The effect of different concentrations of humic acid and culture beds on concentration of elements in soil, leaf and fruit of strawberry cv. 'Selva'

اسید هیومیک (A) × بستر کشت (B) Humic acid (A) × cultivation bed (B)	پتاسیم میوه Fruit potassium ($mg.l^{-1}$)	فسفر میوه Fruit phosphorus ($mg.l^{-1}$)	ازت میوه Fruit nitrogen (%)	پتاسیم برگ Leaf potassium ($mg.l^{-1}$)	فسفر برگ Leaf phosphorus ($mg.l^{-1}$)	ازت برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)	هدایت الکتریکی خاک Soil EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته خاک Soil pH	پتاسیم خاک Soil potassium ($mg.100\ g^{-1}$ soil)	فسفر خاک Soil phosphorus ($mg.100\ g^{-1}$ soil)	ازت خاک Soil nitrogen (%)
$A_0 \times B_1$	95.70d	3.40cd	5.25a	24.30e	4.90b	3.53de	3.28ef	4.02i	207.00ab	22.50h	2.75fg
$A_0 \times B_2$	87.00d	3.03ef	2.07e	28.57de	6.32a	3.13e	6.83a	4.25hi	195.00b	24.76f	3.62bcd
$A_0 \times B_3$	85.75d	3.77b	4.72bc	26.64e	4.68bc	2.36f	5.29b	4.10i	210.00ab	26.26e	2.53gh
$A_0 \times B_4$	94.05d	3.50c	5.35a	26.74e	4.18bc	4.18bc	4.36c	4.43h	150.00b	23.73g	3.45cde
$A_3 \times B_1$	88.75d	3.46c	4.10cde	30.08de	5.05b	4.64b	1.80jk	4.74f	179.00b	15.50j	3.22def
$A_3 \times B_2$	85.70d	2.82f	4.25cde	23.27e	3.46ef	4.42bc	1.50l	5.73b	198.00b	14.20l	2.17h
$A_3 \times B_3$	83.25d	3.03ef	3.69cde	24.31e	4.11cde	3.48de	2.00j	6.44a	196.00b	14.71k	3.11ef
$A_3 \times B_4$	87.30d	3.74b	4.07cde	35.14cd	4.80bc	4.42bc	3.50de	4.65d	160.00b	14.75k	2.87fg
$A_6 \times B_1$	106.00cd	3.17de	4.82cd	45.55ab	2.68gh	3.30de	2.31i	4.76f	162.00b	19.10k	3.66bcd
$A_6 \times B_2$	111.00cd	3.76b	3.36de	47.00ab	3.68def	3.52de	1.69kl	5.58bc	194.00b	22.50h	4.470a
$A_6 \times B_3$	72.55d	2.91f	2.35e	48.50a	4.62bc	4.74b	1.69kl	6.40a	207.00ab	18.73i	3.09ef
$A_6 \times B_4$	110.00cd	2.92f	3.64cde	45.75ab	2.19hi	3.58d	3.09fg	4.53ef	334.00a	23.73g	3.22def
$A_{10} \times B_1$	73.35d	4.77a	4.84ab	44.00ab	3.31fg	3.39de	2.97gh	4.61g	191.00b	38.35b	3.60bcd
$A_{10} \times B_2$	518.00a	4.84a	3.53de	40.50bc	2.05j	2.17f	2.85h	5.36c	188.00b	30.54c	3.83bc
$A_{10} \times B_3$	293.00bc	4.81a	2.01e	35.75cd	3.18fg	2.35f	1.10m	6.37a	172.00b	29.40d	3.45cde
$A_{10} \times B_4$	477.00ab	4.78a	5.01cd	44.60ab	2.19ij	5.47a	3.58d	4.73e	195.00b	44.70a	3.97b

حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD را نشان می‌دهد. A_0، A_3، A_6 و A_{10}: به ترتیب غلظت‌های صفر، ۳۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک؛ B_1: مخلوط خاک معمولی همراه با پرلیت، B_2: مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج، B_3: مخلوط خاک معمولی و B_4: مخلوط خاک معمولی همراه با ضایعات چای

In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% of probably level based on LSD test. A_0, A_3, A_6 and A_{10}: Concentrations of 0, 300, 600 and 1000 mg l^{-1} humic acid, respectively; B_1: Mixture of usual soil and perlite, B_2: Mixture of usual soil and rice bran, B_3: Mixture of usual soil, and B_4: Mixture of usual soil and tea wastes

جدول ۴ آشکار کرد که بیشترین مقدار ازت برگ (۵/۴۷ درصد)، در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بستر کشت مخلوط خاک معمولی و ضایعات چای به‌دست آمد. گیاهان تیمارشده با ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک کاشته‌شده در بستر کشت مخلوط خاک معمولی و سبوس برنج و شاهد، کمترین میزان پتاسیم (به ترتیب با ۲۳/۲۷ و ۲۴/۳۰ درصد) را در برگ داشتند. بیشترین مقدار فسفر برگ (۶/۳۲ میلی‌گرم بر لیتر)، در بستر کشت مخلوط خاک معمولی و سبوس برنج بدون اسید هیومیک به‌دست آمد. کمترین فسفر (حدود ۲ میلی‌گرم بر لیتر) در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک در دو بستر کشت مخلوط خاک معمولی و سبوس برنج و مخلوط خاک معمولی و ضایعات چای محاسبه گردید. بیشترین مقدار پتاسیم برگ (۴۸/۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بستر کشت مخلوط خاک معمولی به‌دست آمد. در تیمار حاوی ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک همراه با همه بسترهای کشت بیش از ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم (به ترتیب ۴۷، ۴۸/۵۰ و ۴۵/۷۵ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم) وجود داشت (جدول ۴).

در میوه‌ی گیاهان توت‌فرنگی رشدیافته در بستر کشت مخلوط خاک معمولی و ضایعات چای و بستر کشت مخلوط خاک معمولی و پرلیت بدون کاربرد اسید هیومیک، بیشترین ازت (به‌ترتیب ۵/۳۵ و ۵/۲۵ درصد)، اندازه‌گیری شد. تیمار بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک، دارای کمترین مقدار ازت بودند. در ارتباط با مقدار اندازه‌گیری شده‌ی فسفر و پتاسیم میوه باید بیان کرد که بی‌تردید استفاده از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بسیار مناسب است. به این ترتیب، در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک همراه با هر ۴ بستر کشت، بیشترین مقدار فسفر (حدود ۵ میلی‌گرم بر لیتر) اندازه‌گیری شد. از طرف دیگر، در بقیه‌ی تیمارها، مقدار فسفر میوه حدود ۳ میلی‌گرم بر لیتر بود. در نهایت، بیشترین مقدار پتاسیم میوه (حدود ۵۱۸ و ۴۷۷ میلی‌گرم بر لیتر)، به‌ترتیب در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک همراه با دو بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج و مخلوط خاک معمولی همراه با ضایعات چای به‌دست آمد.

بحث

ارتباط مثبت بین استفاده از اسید هیومیک و افزایش رشد، بازدهی و کیفیت محصول در توت‌فرنگی و گیاهان دیگر گزارش شده است (۱، ۶، ۹، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۵ و ۳۲). یک اثر تحریکی اسید هیومیک روی تولید بیوماس و رشد گیاه، افزایش جذب ازت، فسفر و پتاسیم است (۱، ۲۸ و ۴۲). از طرف دیگر، خود اسید هیومیک منبع غنی از این سه عنصر است که با تاثیر روی غشای پلاسمایی باعث بالابردن جذب و انتقال مواد معدنی از بستر کشت می‌شود (۳۴). تشکیل کمپلکس بین اسید هیومیک و یون‌های فلزی، کاتالیز اسید هیومیک توسط آنزیم‌ها، تأثیر روی فتوسنتز و تنفس، تحریک متابولیسم اسید نوکلئیک و فعالیت هورمونی اسید هیومیک از علل اثر مثبت اسید هیومیک روی افزایش رشد و بازدهی گیاهان هستند (۲۵ و ۳۹). اسید هیومیک می‌تواند با افزایش جذب ازت، باعث افزایش پروتیین‌ها به‌ویژه آنزیم‌ها شود. این اسید به عنوان یک بافر هم عمل می‌کند. اسید هیومیک روی pH خاک، EC و تبادل کاتیونی آن تأثیر دارد. این تغییر خواص خاک، قابلیت دسترسی به مواد غذایی توسط گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند (۷ و ۳۶).

در تحقیق حاضر، افزایش مقدار ازت در برگ و میوه‌ی توت‌فرنگی تیمارشده با غلظت‌های مختلف اسید هیومیک مشاهده نشد. در میوه‌ی توت‌فرنگی، به‌ترتیب حضور پتاسیم، فسفر و ازت، حائز اهمیت است. حضور اسید هیومیک، نیاز گیاه به این کودها را کاهش می‌دهد. در توت‌فرنگی رقم سابرینا، با افزایش غلظت اسید هیومیک به‌صورت کاربرد برگی، مقدار پتاسیم برگ افزایش یافت (۲۱). این نتیجه در پژوهش حاضر نیز به‌دست آمد، اگرچه بیشترین مقدار ازت میوه در میوه‌ی گیاهان شاهد به‌دست آمد. به نظر می‌رسد مهاجرت مقدار قابل‌توجهی ازت از برگ‌ها به میوه‌ها طی میوه‌دهی اتفاق نیفتاد، به‌طوری‌که بیشترین ازت در برگ و میوه‌ی گیاهان شاهد مشاهده گردید. پژوهش عشقی و گاراژیان (۱۵) نشان داد که کاربرد برگی اسید هیومیک، باعث تولید بیشترین وزن خشک شاخه و ریشه در توت‌فرنگی شد. علت اصلی این تولید بیشتر زیست‌توده، افزایش حضور ازت، فسفر و پتاسیم است. حسینی فرهی و همکاران (۱۹)، افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی را با کاربرد برگی اسید هیومیک در کشت هایدروپونیک نشان دادند.

در طی نمو میوه، قوی‌ترین مقصد هیدرات‌های کربن و سایر مواد مغذی موجود در برگ‌ها، میوه‌ها می‌باشد و ریشه‌ها نقش کم‌رنگ‌تری در جذب مواد مغذی دارند (۱۷). بنابراین، کاربرد برگی کودها، از جمله اسید هیومیک بسیار مؤثرتر است (۲۷). تکرار استفاده از این کودها (اسید هیومیک)، ویژگی‌های میوه از جمله کیفیت آنرا اصلاح می‌کند. تحقیق حاضر نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم و فسفر، در میوه‌ی گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کاشته‌شده در بستر کشت مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج به‌دست آمد. بیشترین تأثیر کاربرد برگی اسید هیومیک در غلظت بالا روی افزایش مقدار پتاسیم برگ بود. این نتیجه با توجه به اهمیت زیاد پتاسیم در میوه‌ی توت‌فرنگی، قابل‌توجه است. کاربرد برگی اسید هیومیک بر قدرت گیاه نیز می‌افزاید (۲۷). این تدبیر، احتمال شکستن گیاهان به‌ویژه ارقام با نسبت برگ به میوه پایین را خنثی می‌کند (۲۶). کاهش استفاده از کودها به‌صورت مصرف خاکی همراه با کاربرد دقیق اسپری برگی، از

نشـــت زیـادی مواد مغـذی و آلودگی جلوگیری می‌کنـد (۲۷). جذب مناسـب عناصر توسط گیاهان تیمارشده با اسید هیومیک نشان داد که این ترکیب روی رشد ریشه و تراوایی غشای پلاسمایی اثر مثبت دارد (۳۱ و ۴۰). برخی محققـان گزارش کردند که علت مؤثربودن اســید هیومیک روی رشـد و نمو گیاهان، حضور تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها است (۵). ارتفاع توت‌فرنگی طی تیمار با اسید هیومیک افزایش یافت (۳).

بسـترهای کشـت مناسـب، نقش مؤثری در رشـد و نمو بهینه‌ی گیاهان دارند. شـوری باعث افزایش تنش اسمزی، سمیت یونی، تنش اکسـیداتیو و عدم تعادل مواد غذایی می‌شود. استفاده از کود کمپوست و کاربرد برگی اسـید هیومیک باعث افزایش رشـد و بازدهی و کیفیت میوه‌ی توت‌فرنگی شـد (۳۵). هر عاملی که رشد و نمو گیاه را افزایش دهـد، جـذب نمـک‌هـا و یون‌ها را نیز افزایش می‌دهد و موجب تغییر جزیی خواص خاک می‌شـــود. به نظر می‌رســـد کاربرد برگی اســـید هیومیک به طور غیرمسـتقیم، خواص بسـتر کشت را تحت تأثیر قرار داد. قطر ذرات محلول‌پاشی‌شده به دلیل استفاده از محلول‌پاش دستی درشت بود. زمان محلول‌پاشی، در غروب انجام گرفت. در این زمان از روز به دلیل عدم حضـور نور، تعرق بسـیار کم بود. به دلایل ذکرشـده مقداری از اســـید هیومیک از روی برگ‌ها به خاک وارد شـــد. آبیاری گیاهچه‌ها با آب شـهری انجام شـد که حاوی مقدار زیادی عناصـر از جمله کلسـیم بود. آب آبیاری می‌تواند یکی از دلایل تغییر pH، EC و عناصـر موجود در بسـتر کشـت باشـد. اسـید هیومیک در خاک نقش کلات نیز دارد. از طرف دیگر، با مصرف اسید هیومیک، جذب آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول خاک تغییر می‌یابد و عناصـــر مؤثر در تغییر pH مانند کلسیم در خاک موجب تغییر در pH خاک می‌شود. افزایش اسید هیومیک، H^+ را به‌درون محلول خاک رها می‌کند که با کاهش غلظت نمـک، EC نیز کاهش می‌یابد (۷ و ۳۶). همراه با آزادشـــدن H^+ به خاک، کاتیون‌های جذب‌سطحی‌شـده روی کلوییدها، مبادله می‌شوند. تبـادل کـاتیون‌هـا و آنیون‌هـا، میزان منـافذ خاک را افزایش می‌دهد، بنـابراین جریـان آب و مواد غذایی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۷ و ۳۶). ترشح برخی مواد از ریشــه به خاک، ساختار خاک به ویژه ریزوسفر را تغییر می‌دهد.

پژوهش ما نشان داد که بسترهای مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج و مخلوط خاک معمولی همراه با ضایعات چای، بیشترین اثر را روی افزایش به‌ویژه پتاسـیم و فسـفر داشـتند. مقادیر پتاسـیم و فسفر میوه هنگامی بسیار بیشتر شد که گیاهان توت‌فرنگی کاشته‌شده در این دو بستر کشت با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک اسپری برگی شدند.

سـبوس برنج غنی از فسـفر، پتاسیم، منیزیوم، آهن، سدیم، مس، روی، کلر، آلومینیوم، سـیلیسـیوم، منگنز و سـلنیوم اسـت. این بسـتر همچنین حـاوی کربوهیـدرات، چربی، پروتیین، فیبر خـام و اســـید پانتوتنیک می‌باشد. پرلیت غنی از سیلیسیوم، آلومینیوم، سدیم، پتاسیم، منیزیوم، کلسـیم و آهن اسـت. ضایعات چای نیز غنی از ازت، فسفر و پتاسـیم و کربن و ازت آلی می‌باشد. پژوهش شریفی و همکاران (۳۴) روی توت‌فرنگی نشان داد که بستر کشت حاوی پرلیت و کوکوپیت و استفاده از اسید هیومیک باعث افزایش بازدهی و انباشت برخی عناصر از جمله فسـفر و پتاسـیم در برگ شـد. بیشـترین مقدار پتاسـیم (۳/۳ درصد)، در برگ گیاهان رشدیافته در بستر کشت پرلیت و کوکوپیت و استفاده از غلظت بالای اسید هیومیک (۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به‌دست آمد. بیشـــترین مقدار فســـفر برگ (۳/۰۴ درصـــد)، نیز در این بســـتر اندازه‌گیری شـد. اسید هیومیک با افزایش رشد و قدرت جذب ریشه و نیز فعالیت پمپ پروتون (H^+-ATPase) باعث افزایش جذب آب و مواد مغـذی، در نتیجـه افزایش عملکرد محصـــول می‌گردد (۸). پرلیت با افزایش زهکشـی بستر و کمک به تهویه‌ی بهتر، محیط مناسبی برای افزایش رشد و نمو ریشه است. تحقیق روی توت‌فرنگی آشکار کرد که بستر کشت ترکیبی، رشد و عملکرد بهتر را نسبت به بستر کشت تکی القا کرد (۳۸). پژوهش شریفی و همکاران (۳۴) روی توت‌فرنگی نشان داد که مقدار فسـفر برگ تحت تأثیر محیط کشـت قرار داشت و اسید هیومیک تأثیری روی مقدار این عنصـــر نداشـــت، در حالی که مقدار پتاسیم برگ تحت تأثیر هر دوی بسـتر کشـت و اسید هیومیک قرار گرفت. افزایش جذب پتاســیم در اثر کاربرد اســید هیومیک و بســتر ورمیکومپوســت حاصـل از ضـایعات گیاهی در پژوهش‌های دیگر نیز نشـان داده شد (۱۵ و ۳۷). در مجموع، اسید هیومیک نقش مؤثری در بهبود جذب و انتقال مواد مغذی دارد.

نتیجه‌گیری

اســـتفاده از کودهای زیســـتی به‌جای کودهای شـــیمیایی، نقش مؤثری در کاهش آلودگی محیط زیست دارد. این کودها باعث افزایش سـلامت گیاهان، جانوران و انسان می‌شوند. کودهای زیستی به‌تدریج در حـال جـای‌گزینی بـا کودهای شـــیمیایی هســـتند. توت‌فرنگی از میوه‌های با ارزش تغذیه‌ای بالا است. انتخاب شرایط مناسب تغذیه‌ای مانند کودها و بسـترهای مناسـب کشـت، برای دسـتیابی به عملکرد بـالای کمی و کیفی در این گیـاه امری اجتنـاب‌ناپذیر اســت. کاربرد اسـپری برگی اسید هیومیک، در افزایش مقدار عناصر فسفر، پتاسیم و ازت مؤثر بود. اهمیت مقدار پتاســـیم و فســـفر در میوه‌ی توت‌فرنگی بیشتر از سایر عناصر است. پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین مقدار پتاسـیم و فسـفر میوه، در گیاهان تیمارشـده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسـید هیومیک کاشـته‌شـده در بسـتر مخلوط خاک معمولی همراه با سـبوس برنج به‌دسـت آمد. از آنجایی که مناسـب‌ترین غلظت ازت در میوه‌ی توت‌فرنگی حدود ۳/۵ درصـــد اســـت، میزان ازت میوه (۳/۵۳ درصـد) در گیاهان تیمارشـده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک

کاشته‌شده در بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج را می‌توان مناسب تشخیص داد. در مجموع، استفاده از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج برای افزایش کیفیت میوه‌ی توت‌فرنگی پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

این پروژه از طریق پژوهانه دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت به شماره نامه ۱۷/۱۶/۴/۱۶۰۳۴ تأمین اعتبار شده است.

منابع

1- Ameri A., and Tehranifar A. 2012. Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* cv. Camarosa. Journal of Biological and Environmental Science 6(16): 77-79.
2- Arancon N.Q., Edwards C.A., Bierman P., Metzger J.D., Lee S., and Welch C. 2004a. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. Pedobiology 47: 731-735.
3- Arancon N.Q., Lee S., Edwards C.A., and Atiyeh R. 2004c. Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. Pedobiology 47: 741-744.
4- Arancon N.Q., Edwards C.A., Bierman P., Welch C., and Metzger J.D. 2004b. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93(2): 145-153.
5- Atiyeh R.M., Lee S., Edwards C.A., Arancon N.Q., and Metzger J.D. 2002. The influence of humic acid derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84: 7-14.
6- Baldotto L.E.B., Baldotto M.A., Canellas L.P., Bressan-Smith R., and Olivares F.L. 2010. Growth promotion of pineapple ‘Victoria’ by humic acids and *Burkholderia* spp. during acclimatization. Revista Brasileira de Ciênciado Solo 34: 1593-1600.
7- Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O., Jones D.L., Nebbioso A., Mazzei P., and Piccolo A. 2015. Humic and fulvic acids as bio stimulants in horticulture. Scientia Horticulturae 196: 15-27.
8- Cenellas L.P., Olivares F.L., Okorokova-Facanha A.L., and Facanha A.R. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence and plasma membrane H-ATPase activity in maize roots. Plant Physiology 130(4): 1951–1957.
9- Chen Y., Clapp C.E., and Magen, H. 2004. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. Soil Science and Plant Nutrition 50: 1089-1095.
10- Colquhouna T.A., Levina L.A., Moskowitzb H.R., Whitakerc V.M., Clarka D.G., and Foltac K.M. 2012. Framing the perfect strawberry: An exercise in consumer-assisted selection of fruit crops. Journal of Berry Research 2: 45–61.
11- Dilmaghani M.R., and Hemmaty S. 2011. Effect of different substrates on nutrients content, yield and quality of strawberry cv. Selva in soilless culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 2(7): 1-8. (In Persian)
12- Dursun A., Guvenc I., and Turan M. 2002. Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro- and micro-nutrient contents of tomato and eggplant. Acta Agrobotanica 56: 81-88.
13- Ehyaei M., and Behbehanizadeh A.A. 1993. Description of Soil Chemical Analysis Methods. Publications of Soil and Water Research Institute, Iran, vol. 892. (In Persian)
14- Ehyaei M., and Behbehanizadeh A.A. 1996. Chemical Methods of Plant Analysis. Publications of Soil and Water Research Institute, Iran, vol. 982. (In Persian)
15- Eshghi S., and Garazhian M. 2015. Improving growth, yield and fruit quality of strawberry by foliar and soil drench applications of humic acid. Iran Agricultural Research 34(1): 14-20.
16- Hafez M.M. 2004. Effect of some sources of nitrogen fertilizer and concentration of humic acid on the productivity of squash plant. Egyptian Journal of Applied Science 19: 293-309.
17- Hancock J.F. 1999. Strawberries. University Press, Cambridge, pp. 237.
18- Hartwigson J.A., and Evans M.R. 2000. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. HortScience 35(7): 1231-1233.
19- Hosseini Farahi M., Aboutalebi A., Eshghi S., Dastyaran M., and Yosefi F. 2013. Foliar application of humic acid on quantitative and qualitative characteristics of aromas strawberry in soilless culture. Agricultural Communications 1(1): 13-16.
20- Khaled H., and Hassan A.F. 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. Soil and Water Research 6(1): 21–29.
21- Khodamoradi P., Amiri J., and Dovlati B. 2018. Effect of humic acid on some morphological and physiological characteristics of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Sabrina) under salinity stress. Pomology Research 2(2): 109-135. (In Persian)
22- Li Y., Fang F., Wei J., Wu X., Cui R., Li G., Zheng F., and Tan D. 2019. Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: A three-year experiment. Scientific Reports 9: 12014.

23- Mart I. 2007. Fertilizers, organic fertilizers, plant and agricultural fertilizers. Agro and Food Business Newsletter. pp: 1-4.
24- Nardi S., Carletti P., Pizzeghello D., and Muscolo A. 2009. Biological activities of humic substances. pp. 102–119. In: Senesi N., Xing B., and Huang P.M. (Eds.), Biophysico-Chemical Processes Involving Natural Nonliving Organic Matter in Environmental Systems, Wiley, Hoboken.
25- Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., and Vianello A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.
26- Neri D., Bonanomi G., Cozzolino E., Zucconi F. 1998. Studi sugli apporti di sostanza organica nel fragoleto. Frutticoltura 5: 47-54.
27- Neri D., Lodolini E.M., Savini G., Sabbatini P., Bonanomi G., Zucconi F. 2002. Foliar application of humic acid on strawberry (cv. Onda). Acta Horticulturae 594: 35.
28- Nikbakht A., Kafi M., Babalar M., Xia Y.P., Luo A., and Etemadi, N. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of *Gerbera*. Journal of Plant Nutrition 31: 2155–2167.
29- Panuccio M.R., Muscolo A., and Nardi S. 2001. Effect of humic substances on nitrogen uptake and assimilation in two species of *Pinus*. Journal of Plant Nutrition 24(4-5): 693-704.
30- Pilanali N., and Kaplan M. 2003. Investigation of effects on nutrient uptake of humic acid applications of different forms to strawberry plant. Journal of Plant Nutrition 26: 835–843.
31- Ozdamarullu H.U., Nlu H., Karakurt Y., and Padem H. 2011. Changes in fruit yield and quality in response to foliar and soil humic acid application in cucumber. Scientific Research and Essays 6(13): 2800-2803.
32- Rachid A.F., Bader B.R., and Al-Alawy H.H. 2020. Effect of foliar application of humic acid and Nanocalcium on some growth, production, and photosynthetic pigments of cauliflower (*Brassica oleracea* var. Botrytis) planted in calcareous soil. Plant Archives 20: 32-37.
33- Sapei L., and Hwa L. 2014. Study on the kinetics of vitamin C degradation in fresh strawberry juices. Proced Chemistry 9: 62-68.
34- Sharifi A., Ghaderi N., Khorshidi J., and Javadi T. 2018. Effect of culture media type and different concentrations of humic acid on yield components and some biochemical characteristics of *Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Aromas. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 19(4): 419-432. (In Persian)
35- Shehata S., Gharib A., Mohamed A.A., El-Mogy M., Abdel Gawad K.f., and Shalaby E.A. 2011. Influence of compost, amino and humic acids on the growth, and yield and chemical parameters of strawberries. Journal of Medicinal Plants Research 5(11): 2304-2308.
36- Stevenson F.J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reaction. 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 36.
37- Theunissen J., Ndakidemi P.A., and Laubscher C.P. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. International Journal of Physical Science 5(13): 1964-1973.
38- Turhan E., and Atilla E. 2004. Effect of chloride application and different growth media on ionic composition in strawberry plant. Journal of Plant Nutrition 27: 1653-1665.
39- Turkmen O., Dursun A., Turan M., and Erdinc C. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth and nutrient content of tomato (*Lycopersicones culentum* L.) seedlings under saline soil conditions. Soil and Plant Science 54: 168-174.
40- Yildrim E. 2007. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. Acta Agriculturæ Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science 57: 182-186.
41- Zaky M.H., Zoah E.L., and Ahmed M.E. 2006. Effects of humic acids on growth and productivity of bean plants grown under plastic low tunnels and open field. Egyptian Journal of Applied Sciences 21(4): 582-596.
42- Zandonadi D.B., Canellas L.P., and Facanha A.R. 2007. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H^+ pumps activation. Planta 225: 1583-1595.
43- Zimmer G. 2004. Humates and humic substances. National Journal Sustainable Agricultural 34(1): 1-2.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 399-411
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۴۱۱-۳۹۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Foliar Application of Humic Acid on Nutrition Accumulation in Leaf and Fruit of Strawberry cv. Selva under Different Cultivation Beds

B. Kaviani[1]*
Received: 26-08-2020
Accepted: 16-02-2021

Introduction: The use of biofertilizers instead of chemical fertilizers has an effective role in increasing the health of plants, animals and humans and reducing environmental pollution. Biofertilizers are gradually being replaced by chemical fertilizers. Strawberry is a fruit with high nutritional value. Choosing the right nutritional conditions such as fertilizers and suitable cultivation beds to achieve high quantitative and qualitative yield in this plant is inevitable. In recent years, the use of humic acid has been common in enhancing the vegetative and generative characteristics of crops. Humic acid is a rich source of potassium, phosphorus and nitrogen. The method of application of humic acid has an effective role in improving the quantitative and qualitative characteristics of plants. The leaf application of humic acid was effective in increasing the amount of phosphorus, potassium and nitrogen. The amount of potassium and phosphorus in strawberry fruit is more than other elements. Combining some cultivation beds (perlite and composts) and fertilizers such as agricultural waste (rice bran and tea wastes) into soil cultivation beds have an effective role in improving the quantity and quality of plants.

Materials and Methods: A pot experiment was conducted to evaluate the effect of foliar application of humic acid and different cultivation beds on nutrition uptake of strawberry. Different concentrations of humic acid (0, 300, 600, and 1000 mg.l^{-1}) were applied as foliar application in two steps (late March and late April) on strawberry cultivated in different beds (usual soil, usual soil + rice bran, perlite, or tea wastes). This study was carried out as two factorial experiment in completely randomized design. Soil nitrogen, phosphorus and potassium, soil pH and electrical conductivity and leaf and fruit nitrogen, phosphorus and potassium content were measured. Measurement of nitrogen, phosphorus and potassium was carried out by Kjehldal, spectrophotometry and flame photometry, respectively.

Results and Discussion: The interaction effect of humic acid ×cultivation beds on nitrogen and phosphorus content of leaves and fruits was significant at 1% of probability level and on fruit potassium at 5% of probability level. The interaction of these two factors on leaf potassium was non-significant. The results of comparing the mean comparison of humic acid and cultivation beds on soil elements showed that the highest amount of nitrogen was obtained in the treatment of 600 mg.l^{-1} humic acid and in the cultivation bed of usual soil+rice bran. The highest amount of phosphorus was obtained in the treatment of 1000 mg.l^{-1} humic acid and the cultivation bed of usual soil + tea wastes. The highest amount of potassium was obtained in the treatment of 600 mg.l^{-1} humic acid and in the cultivation bed of usual soil + tea wastes and the lowest one was obtained in the same bed without humic acid. Results showed that the highest potassium content (518 mg.l^{-1}), and phosphorus (4.84 mg.l^{-1}) of fruit were obtained in plants treated with 1000 mg.l^{-1} humic acid cultivated in usual soil + rice bran. The highest nitrogen content of fruit was obtained in plants cultivated in usual soil +tea wastes. The plants grown in this cultivation bed with humic acid application at 1000 mg.l^{-1} had maximum content of leaf nitrogen (5.47%). The highest content of leaf potassium (4.50 mg.l^{-1}) and phosphorus (6.32 mg.l^{-1}) were obtained in plants treated with 600 mg.l^{-1} humic acid in the cultivation beds of usual soil and usual soil + rice bran, respectively. The application of humic acid at 1000 mg.l^{-1} and using usual soil+rice bran as bed is recommended for strawberries production as potassium, phosphorus and nitrogen are the most important elements for increasing the quality of strawberry fruits , respectively. A positive association has been reported between the use of humic acid and the increase in growth, yield and product quality in strawberries and other plants. Humic acid can improve quantitative and qualitative production of crops by providing more available essential elements and increasing plant resistance to various biological and non-biological stresses.

Conclusion: Strawberries are widely cultivated worldwide due to their high nutritional value. Chemical fertilizers have been used as a way to increase crop yields, but have led to problems such as nitrate accumulation, short pot life, and poor quality and environmental pollution. Therefore, organic fertilizers have been recommended. A stimulating effect of humic acid on biomass production and plant growth is to increase the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium. Proper cultivation bed plays an important role in the optimal growth and development

1- Associate Professor, Department of Horticulture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht
(*- Corresponding Author Email: kaviani@iaurasht.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2021.61928.0

of plants. According the result of this study, the use of beds containing agricultural waste and foliar application of humic acid increased the growth, yield and quality of strawberry fruit.

Keywords: *Fragaria* × *ananassa*, Fruit quality, Greenhouse products, Nutrition uptake